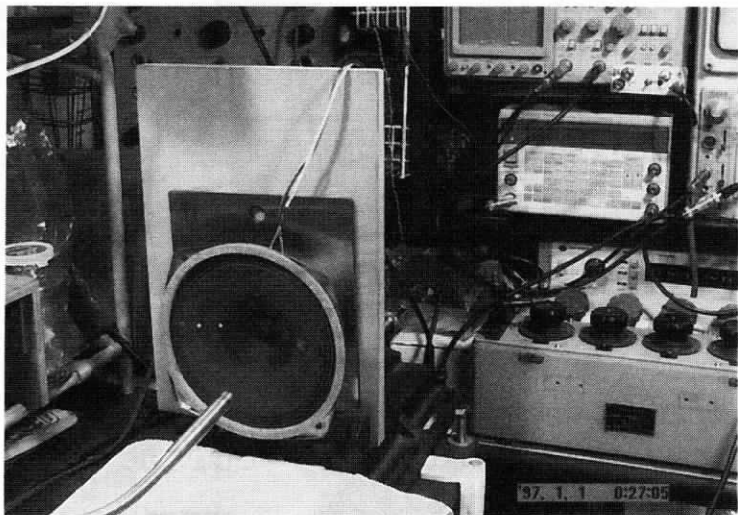
連載 オーディオ計測の散歩道

2音法を利用したオーディオ測定

(11) 複合波でのコーンの応答

■小倉幸一■

●ユニットの振動の様子を変位計で測定.コーン左側で光っているのが静電型での検出点

第1音第と2音を接近, 重ね合わせてみる

いままでの2音法の実験は, 単音を時間的に2個並べたに過ぎなかったものでした. 第1音の影響を受けた第2音のレスポンスを見る発案でしたが, 今回は両音をほぼ同時に鳴らす場合のレスポンスを見てみます. つまり, 両音をミックスするわけです. 具体的には第2音の遅延時間を減らしていけばいいわけです.

実験システムとしては**第1図**のとおりです. 両者とも共通の繰り返しパルス(今回は0.2秒)から別々の遅延時間を任意にとっています. これで時間的に互いに自由な位置が確保でき, 第2音が第1音に先行することも自由なわけです.

その意味では第1音, 第2音という呼び名は先, 後の固有な呼び名としては誤解を招きそうですが, ここではバースト波(または連続波)を第1音, ピップ波(バースト波の立上がり下がりの時間を調節できるもの)を第2音と決めます.

第1音, 第2音とも, 持続時間も変化できますが, 今回の実験では,

第1音:1 kHz, 10波

第2音:約600 Hz, 18 msec一定, 約10波弱

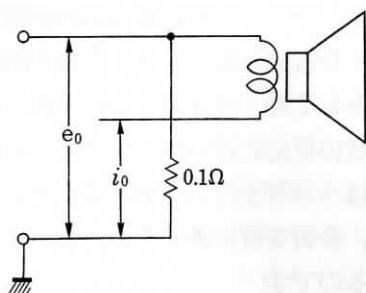
とし, 第2音を自由に動かすことにします. スピーカ・ドライブ信号としてアンプの出力電流を使いました. これは0.1 Ωの両端の電圧を見たものです(**第2図**).

スピーカから10 cm点での音圧は約80 dB一定です. 音量は個別のアッテネータ /ATTで行っていますから, 音量設定や微調整(0.1 dBステップ)は容易, 確実です. 記号は従来と同じで,

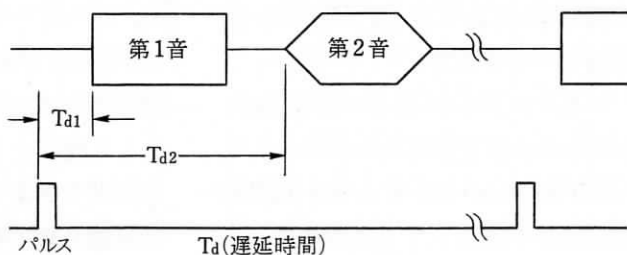
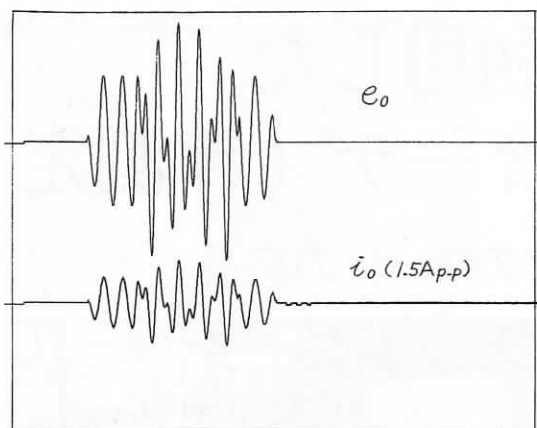
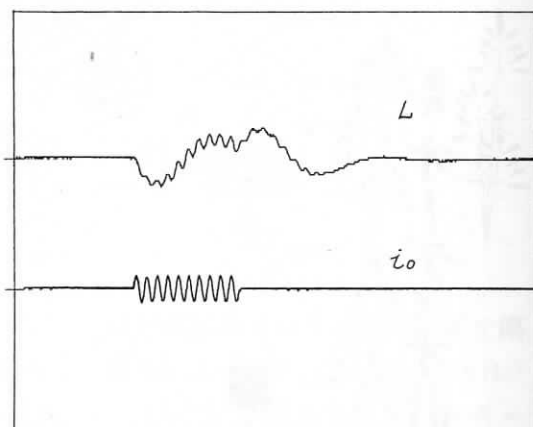
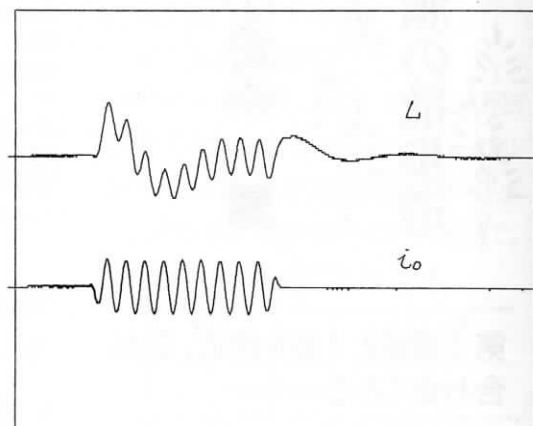
L:レーザー変位計によるレスポンス(コーン中央)

C_1, C_2, C_3:静電型変位計によるエッジ部に向ってのナンバーリングで, C_3はエッジ最接近点となります.

第3図にスピーカへの電圧・電流を示しました. 波形の全体長は第2音/566 Hz成分, 中央部の盛り上がり部が第1音/1 kHz成分です. また, 遅延時間はディジタル設定ですから, 再現性はOKです.

第4図(A), (B)に第1音, 第2音の個別に対するボイス・コイル(コーン

〈第1図〉 e_0とi_0と音圧を測定

〈第2図〉 第1音と第2音の間隔は自由に変えられる

◀〈第3図〉
スピーカへの入力電圧 e_0 と入力電流 i_0

〈第4図A〉▶
第1音によるコーン中央部の動き．f=1 kHz

〈第4図B〉▶
第2音によるコーン中央部の動き．f=566 Hz

中央）の動きをレーザー変位計で見たものを示します．

注目したい点は両音の電流立上がりが逆相であること，それに対するコーンの動きが見かけ上電流と逆であることです．この両者を混ぜた状態でのコーン中央のレーザーによる**第5図**レスポンスLに示します．続いて**第6図**に静電型によるエッジ部 C_3 点のレスポンスを示します．

L，C_3 のレスポンスは，波形の変化を見やすくするため，オシロの感度を適宜変えていますから，ここでは振幅比には注目しないでください．中央，エッジ付近とデータが出そろうと，両者を比較したくなります．**第7図**にそれを示します．

波形の中の1波1波を比較していくと，注目すべき点も見つかります．つまり，コーンの中央と周辺では同じ動きをしていないところがある……．ただそれが音色や音質とどうかかわるのかはまだまだ先の話で，いまはデータ集めの段階です．参考までに，この状態でのマイク波形を**第8図**に示します．マイク波形ではコーンの動きのトランジェント部がなくなっています．マイクはB8Kの測定用1/2インチ，f特20～40 kHzフラットです．

マイク・アンプを2～40 kHzにしてもあまり変化はありません．コーンの動きのトランジェント部の時間変化から推定しても，マイクのfレンジに入っています．音圧は細かいコーンの動きの集大成といったところでしょうか．

FFTで音質がわかるか

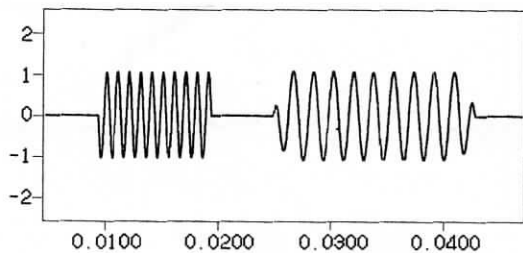
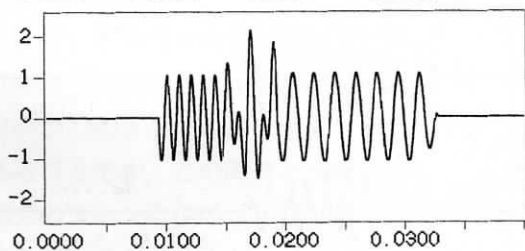
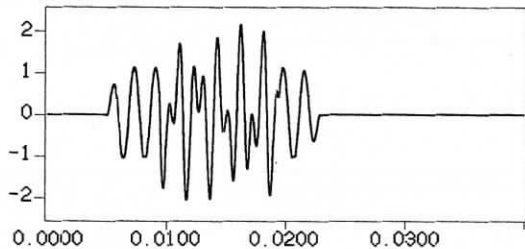
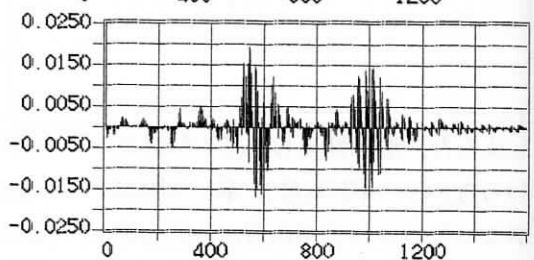
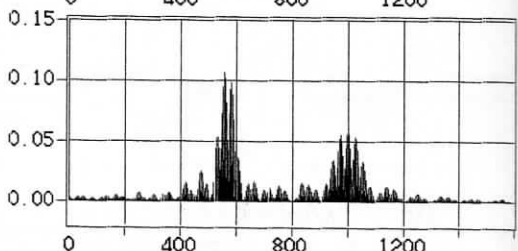
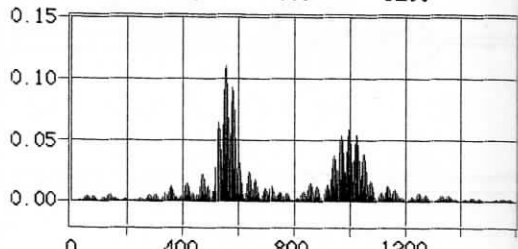
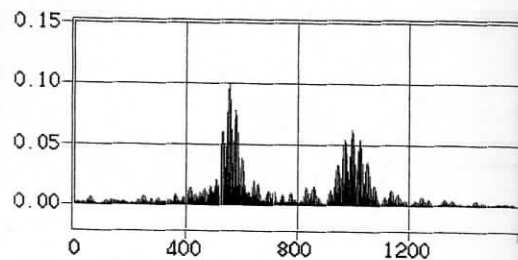
とにかく，波形データを集めれば現象の確実性は増すにしても，新規性は生まれてこないのも確かです．複雑な波形を分析する手法としてFFT応用がありますので，FFTを使ってみましょう．FFTを使ったみなさんご存じの周波数分析，スペクトル表示などは，オーディオ，振動分野で重宝されていますが，ことにオーディオに関して，このデータを使って特に音質について聴覚からもの申すには，注意が必要です．実例を挙げましょう．

この2音法での今回の実験の延長線です．

第9図(A)(B)(C)に2音の相互位置を変えた波形を示します．これを聴くと，はっきり音色の変化はわかります．特に，(A)は2個の音に分かれて聴こえます．(B)(C)もまとまった1音として聴こえますが，両者ははっきり区別できます．読者のみなさんも，音を聴くまでもなく納得されるでしょう．

では，**第10図**(A)(B)(C)を見てください．**第9図**(A)(B)(C) 3種のスペクトルです．f特を眺める程度の眼力で見れば，これは同じといっていいでしょう．念のため**同図**(D)に(B)，(C)データのスペクトル差を示しました．

同じように見えるスペクトルでも，その音（聴覚）は違うのです．これは，スペクトル分析の原理や表示がまちがっているのでなく，われわれの使いかたがまちがっているのです．"聴覚は時間変化を感じ取る器官"なのです．筆者の口癖でいつもいっていますが，f特も，ひずみ特性などメータの振れ，ペンの振れを数値化，グラフ化したものも時間軸がなくなっているのです．横軸を時間軸としても，ペンのスピードからは聴覚の反応に追いつけません．それらはハードを作るための道具であって，音質を直接論ずるには荷が重すぎるのです．

トコロテンの押し出し器を思い出

◀〈第9図 A, B, C〉
上から第1, 2音の間隔を変えた信号

〈第10図 A～D〉▶
上から，第9図の波形のスペクトル分析. Dは第9図(B)(C)とのスペクトルの差をみたもの

“複”ぐらいのとことでスタートしたつもりですので，入口についたところといった認識です.

データとしては以下のとおりで，

周波数：80, 850, 990, 1k, 1.165 kHzが使われました. 半端な値はそこに特徴的な事象に見たからです.

測定点：レーザーで中心，静電型でボイス・コイルを基準に3カ所のデータを比較しましたが，やはり特徴的なことは，エッジに近いところで位相の反転が起こっていることでしょう.

いまは，コーン振動測定の緒についたところですから，これからやってみたいことはたくさん思いつきますが，感覚と結びつくかどうかは疑問です.

というのも，振動姿態としては興味ある反応であっても，これがマイクの波形に出てこないということがあって，ほんとうに重箱のスミをつっついている感じです. でも，数も“実の内”としておきます.

〈第11図 A, B〉▶
左側のように第1音中のピーク波の位置を変えてもスペクトルの差はほとんどない